

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Katedra částí a mechanismů strojů**

**Konstrukce dětské interiérové houpačky**

**Design of a Children Interior Swing**

**Student:**

**Adam Bohumínský**

**Vedoucí bakalářské práce:**

**Ing. Daniel Pišťáček, Ph.D.**

**Ostrava 2011**

## Zadání bakalářské práce

Student: **Adam Bohumínský**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení  
Specializace: 40 Konstrukce strojních dílů a skupin  
Téma: **Konstrukce dětské interiérové houpačky**  
**Design of a Children Interior Swing**

### Zásady pro vypracování:

Vypracujte konstrukční návrh interiérové houpačky pro dítě do 5 let s alternativní možností použití dětské autosedačky kategorie 0+ nebo houpací sítě. Zpracujte:

- rešerši dětských autosedaček a jejich členění, případný průzkum trhu s houpačkami
- koncepční návrh houpačky pro zadané podmínky
- základní návrhové a kontrolní výpočty konstrukce a částí
- výkresovou dokumentaci (min. výkres sestavy a vybraný výrobní výkres).

### Zadané podmínky:

- domácí použití houpačky, snadná montáž a demontáž, jednoduchá, skladná a bezpečná konstrukce
- odnímatelná sedačka, možnost použití houpací sítě nebo dětské autosedačky pro batolata.
- maximální půdorysná plocha celé sestavené konstrukce 2 m x 1,5 m; možnost změny velikosti konstrukce při omezených prostorech místnosti.

### Seznam doporučené odborné literatury:

KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části pohonů strojů*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008. 130 s. ISBN 978-80-248-1860-3.

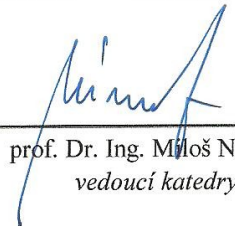
KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části spojovací*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. 91 s. Dotisk 1. vyd. 2008. ISBN 978-80-248-1290-8.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

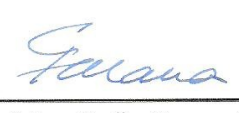
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Daniel Pišťáček, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011

  
prof. Dr. Ing. Miloš Němček  
vedoucí katedry



  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : .....

.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Adam Bohumínský

Adresa trvalého pobytu autora práce: Ostrava 3,  
Tarnavova 9/3004,  
700 30

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

BOHUMÍNSKÝ, A. *Konstrukce dětské interiérové houpačky: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů, 2011. 37s. Vedoucí práce: Ing. Daniel Pišťáček, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá návrhem a konstrukcí interiérové houpačky s využitím připojení autosedaček skupiny 0+, případně houpacích lan. V úvodu je zpracováno rozdělení autosedaček a průzkum trhu. Na základě rozměrů nejznámějších autosedaček skupiny 0+ a houpacích lan je navržen rám konstrukce interiérové houpačky. Dále je řešeno uchycení autosedačky k rámu dvěma variantami.

Jednu z těchto variant dále realizuji a podrobuji výpočtu. Výpočet začíná analýzou sil a jejich výpočtem. Poté je zpracován kontrolní výpočet nejdůležitějších částí houpačky a určení bezpečnosti.

V konečné fázi výpočtu ještě podrobím vybraný prvek houpačky výpočtem metodou konečných prvků ve vybraném programu. Vytvořený sestavní výkres a výkres vybrané části houpačky je dokumentován v příloze bakalářské práce.

## ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

BOHUMÍNSKÝ, A. *Design of a Children Interior Swing: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB –Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Parts and Mechanisms, 2011. 37p. Thesis head: Ing. Daniel Pišťáček, Ph.D.

This bachelor thesis deals with design and construction of interior swing with using connection at car seat group 0+, or swing ropes. In the introduction is interpreted division of car seats and the market research. On the basis of dimensions of the most famous car seats group 0+ and the swing ropes is designed frame of interior swings. Continue is solved attaching of the car seat to frame, by two variants.

One of these variants I implement and subdue to the calculation. The calculation starts with analysis of forces and their calculation. Then is worked up the control calculation of the most important parts of swing and determination of the safety.

In the final stage of the calculation chosen element is subjected finite element method in the selected program. Created plan and the drawing of the selected swing are documented in supplement of bachelor thesis.

# Obsah

1. Úvod .....	8
1.1 Výběr autosedačky .....	8
1.2 Rozdělení do základních skupin .....	9
1.3 Univerzální sedačky .....	12
1.4 Skupina 0+ .....	12
2. Koncepční návrh .....	14
2.1 Návrh nosné konstrukce rámu .....	15
2.2 Řešení uchycení autosedačky na houpačku .....	16
2.3 Výsledná složená konstrukce dětské interiérové houpačky .....	18
3. Výpočet a kontrola .....	19
3.0 Určení sil .....	19
3.1 Výpočet těžiště .....	20
3.2 Výpočet statické síly .....	21
3.3 Výpočet dynamické síly .....	21
3.4 Výpočet reakcí .....	22
3.5 Rozdělení síly v bočních tyčích do nohou konstrukce .....	23
3.6 Rozdělení sil v nohách do zpevňujícího táhla .....	23
4.0 Kontrola konstrukce interiérové houpačky .....	24
4.1 Volba materiálů .....	24
4.2 Kontrola konstrukce houpačky proti převržení .....	25
4.3 Kontrola bočních koutových svarů .....	26
4.4 Kontrola houpací tyče na tah .....	27
4.5 Kontrola houpací tyče na otláčení .....	27
4.6 Kontrola rámu na ohyb a průhyb .....	28
4.7 Kontrola ramene rámu na vzpěr .....	29
4.8 Kontrola otláčení spony rámu .....	30
4.9 Kontrola zpevňujícího táhla .....	31
5.0 Kontrola vybrané části metodou MKP .....	32
5.1 Kontrola zpevňujícího táhla .....	32
6. Závěr .....	35

# Seznam použitých značek a symbolů

$D$ [mm]	.....	velký průměr
$E$ [MPa]	.....	modul pružnosti v tahu
$F$ [N]	.....	síla
$G$ [N]	.....	tíha
$I$ [mm <sup>4</sup> ]	.....	kvadratický moment průřezu
$L$ [mm]	.....	celková délka
$M$ [Nm]	.....	moment
$R$ [N]	.....	reakce
$R_m$ [MPa]	.....	mez pevnosti
$R_e$ [MPa]	.....	mez kluzu
$R_{p0,2}$ [MPa]	.....	smluvní mez kluzu
$S$ [mm <sup>2</sup> ]	.....	obsah
$W$ [mm <sup>3</sup> ]	.....	průřezový modul
$a$ [mm]	.....	parametr svaru
$b$ [mm]	.....	šířka
$d$ [mm]	.....	malý průměr
$g$ [m/s <sup>2</sup> ]	.....	gravitační zrychlení
$h$ [mm]	.....	výška
$i$ [-]	.....	množství
$k, n$ [-]	.....	součinitelé
$l$ [mm]	.....	délka
$m$ [kg]	.....	hmotnost
$p$ [MPa]	.....	tlak, otláčení
$t$ [mm]	.....	tloušťka
$v$ [m/s]	.....	rychlost
$y$ [mm]	.....	průhyb
$z$ [mm]	.....	základna svarového trojúhelníka
$\beta$ [-]	.....	součinitel tloušťky svaru
$\varphi$ [-]	.....	úhel
$\lambda$ [-]	.....	štíhlost
$\sigma$ [MPa]	.....	napětí
$\mu$ [-]	.....	součinitel bezpečnosti proti překlolení

# **1. ÚVOD**

Jediným účinným způsobem, jak spolehlivě ochránit své děti před následky autonehody, je použití dětská autosedačky. Při nárazu či brzdění automobilu působí na každou osobu uvnitř obrovské setrvačné síly, které se jej snaží vrhnout vpřed. Při rychlosti 50 km/h jsou účinky na lidské tělo odpovídající pádu z 30 metrové budovy. Z tohoto jde jasně vidět, že pokud pro své dítě nemáme tu správnou autosedačku tak ho vystavujeme stejnému nebezpečí, jako kdybychom dítě nechali volně pobíhat po střeše cihlového domu.

## **1.1 Výběr autosedačky a základní váhové rozdělení**

Dětská sedačka musí odpovídat věku a hlavně hmotnosti dítěte, ale také typu vozidla, takže před koupi sedačky důrazně doporučuji ověřit všechny tyto parametry. Doporučuji vybírat vždy sedačky, které zdárně prošly bezpečnostními testy a mají certifikát, že splňují bezpečnostní standardy. Zároveň se snažte kupovat autosedačky pouze nové, některé použité autosedačky mohly zažít nehodu nebo můžou být opotřebovány a tím můžou ohrozit pasažéra, tedy Vaše dítě.

Pokud budeme chtít své dítě co nejlépe ochránit, tak bude zapotřebí pořídit 3 autosedačky. Jako první budeme potřebovat „miminkovskou skořápku“ pro první rok. Ta se instaluje proti směru jízdy. Dále od prvního do čtvrtého roku už á dítě klasickou sedačku která se umísťuje ve směru jízdy. A nakonec budeme potřebovat velkou sedačku pro dítě od čtyř do dvanácti let.

Odborníci se shodují, že děti by měly používat autosedačku minimálně, dokud nedosáhnou 150 centimetrů. Toto je velmi individuální, takže není přímo stanovena horní hranice, kdy už autosedačku nepoužívat. Jen tak budou optimálně chráněny. Použitím „podsedačku“ riskujeme, protože nedokáže pokrýt boční nárazy, jak už bylo několikrát prokázáno v testech.

Můžeme se také setkat s takzvanými „univerzálními autosedačkami“ které lze využít na delší období. Ovšem testy prokázaly, že jejich univerzálnost jde ruku v ruce se zvýšeným nebezpečím. Proto doporučuji se univerzálním autosedačkám vyhnout.



## **1.2 Rozdělení do základních skupin**

### **Skupina 0+ (od narození do 13 kg – cca 1 roku dítěte)**

Kojenci se musí přepravovat ve skořepinové sedačce, která umožňuje transport v pololeže a v poloze proti směru jízdy. V případě kolize je dítě celým tělem v sedací skořepině přitlačeno a podepřeno. Při umístění po směru jízdy hrozí dítěti zlomení vazů a další zranění.



obr. 1 autosedačka 0+



obr. 2 upevnění autosedačky 0+

Doporučuje se upevňovat autosedačky na zadní sedadlo automobilu, kam se také stále častěji montují držáky pevně spojené s karosérií vozu – tzv. isofix.

Chcete-li autosedačku umístit na přední sedadlo, nesmí být na tomto místě aktivní airbag, který je pro dítě smrtelně nebezpečný.

V nejnovějších testech byly nejlépe hodnoceny modely Maxi Cosi Pebble v provedení s isofix základnou Family Fix, Maxi Cosi CABRIO FIX, Römer Baby Safe Plus a Brio Primo – všechny v provedení s isofixovými základnami.

**Cenové rozmezí: 2000 – 5000,- Kč**

## Skupina I. ( 9 až 18 kg, cca 1-4 roky)

Klasická sedačka umístěvaná většinou na zadní sedadlo po směru jízdy. Upevňuje se opět buď klasicky bezpečnostním pásem anebo isofixem pevně ke konstrukci vozu. V testech byly nejlépe hodnoceny sedačky Kiddy Energy Pro, RÖMER Safefix plus TT, Maxi Cosi Tobi, Maxi Cosi Priorifix a Kiddy Infinity Pro.



obr. 3 autosedačka I



Obr. 4 uchycení autosedačky na isofix

## Cestování proti směru jízdy

Jak jsem již uvedl, musí nejmenší děti používat sedačky umístěné proti směru jízdy, a to především kvůli ochraně krční páteře v případě čelního nárazu. Odborníci nyní doporučují stejný systém i pro děti do čtyř let.

Tyto typy však mají velkou nevýhodu – potřebují více místa, spolujezdec musí mít přední sedadlo posunutě úplně vpředu. Na trhu jsou autosedačky Volvo a HTS Besafe iZi Kid X1, které získaly ocenění „dobrý“ a v případě čelního nárazu dokonce „velmi dobrý“.

**Cenové rozmezí: 4000 – 9000,- Kč**

## Skupina II. (15 až 36 kg, od 4 let do cca 12 let, nebo výšky 150 cm)



obr. 5 autosedačka II



obr. 6 upevnění autosedačky II

Klasická sedačka umisťovaná na zadní sedadlo po směru jízdy. Upevňuje se buď bezpečnostním pásem anebo isofixem pevně ke konstrukci vozu. Skutečně bezpečná je ovšem pouze ta, která má zadní opěradlo a hlavovou opěrku, tedy nikoliv tzv. podsedák. V testech zvítězily sedačky **Concord Transformer T** v provedení s isofixem, **Romer Kidfix** před **Maxi Cosi Rodi**, **HTS iZi UP X2**, **CYBEX Solution X-Fix**.

**Cenové rozmezí: 3000 – 7000,- Kč**

### **1.3 Univerzální sedačky**

#### **Skupina 0/I – 0 až 18 kg (0 až cca 4 roky)**

Tato skupina autosedaček nabízí alternativu těm, kteří nechtějí pořizovat dvě různé autosedačky, ačkoliv je to prokazatelně na úkor bezpečnosti. I nejnovější testy prokázaly, že jsou méně kvalitní než výše uvedené specializované typy. Nejlépe hodnocené byly sedačky **HTS iZi Kid X1 Isofix a Teamtex Driver SP**.

**Cenové rozmezí: 6000 – 9000,- Kč**

#### **Skupina I/II/III – od 9 do 36 kg**

Druhá skupina tzv. univerzálních autosedaček. Podle hodnocení v mnoha testech však tyto sedačky neposkytují dostatečnou ochranu - v zásadě neuspěly žádné testované sedačky: **Chicco Max-3s, Teamtex Newfix SP, Recaro Start, Nania Newfix SP ani IWH Megamax Isofix** se základnou isofix.

**Cenové rozmezí: 4000 – 9000,- Kč**

### **1.4 Skupina 0+, autosedačky pro nejmenší:**

Autosedačka pro miminka, jakýkoliv výrobek z hmotnostní kategorie 0 – 13 kg. V době, kdy byly tyto autosedačky u nás něčím novým, si spoustu lidí myslelo, že to jsou nějaké speciální košíky na děti. Není se čemu divit, dnes stále můžeme v obchodech potkat maminku, která drží v jedné ruce nákupní košík a v druhé něco hodně podobného, jen místo nákupu tam má svoje děťátko. Ano, to jsou autosedačky pro nejmenší.

#### **Tvar skořápky a polstrování**

Podíváte-li se na nějaký výrobek z této kategorie, asi Vás na první pohled zarazí odlišný tvar skupiny č. 0+. Svým vzhledem totiž tyto autosedačky připomínají spíše skořápky či košíky než autosedačky. Proč všichni designéři zvolili takový tvar?

Důvod je vcelku jednoduchý, snažili se pouze výrobek co nejvíce přizpůsobit potřebám dětské kostry. Miminka totiž neumějí ještě sedět, a tak jediný způsob, jak je přepravovat v automobilu, je „polosed“. Děťátko v autosedačce skoro leží, což prakticky nezatěžuje jeho páteř, navíc je to mnohem bezpečnější než kdyby děťátko leželo v korbě kočárku!

Skořepiny jsou maximálně přizpůsobené velikosti dítěte. Dnes již zpravidla v každé kvalitní autosedačce naleznete nějaký druh polstrování, ovšem pokaždé je určeno pro jinak velké dítě. Koupíte-li novorozenci autosedačku ze skupiny č. I, nejenže je cestování vsedě pro tak malé dítě mnohem nebezpečnější, ale ani polstrování autosedačky není dostatečné.

Polstrování šité „na míru“ dokáže častokrát zmenšit následky dopravní nehody. Pokud dojde k nějakému tomu nárazu, budete mít s kvalitní dětskou autosedačkou jistotu, že hlavička dítěte spadne opravdu do měkkého. Důležité bývá také kvalitní boční polstrování, které může zbránit ošklivým zlomeninám při silném nárazu z boku.

### **Umístění autosedačky**

Bývá pravidlem, že se autosedačky této hmotnostní skupiny instalují vždy v protisměru jízdy. Při nárazu se do ní dítě opře. Naopak je zakázané instalovat tuto dětskou autosedačku na místo spolujezdce.

Podle zákona totiž smí na místě spolujezdce sedět dítě starší 12 let a výšky vyšší než 150 cm, navíc často je pod palubní deskou umístěn airbag. V případě, že by došlo k jeho vymrštění a autosedačka by byla vpředu čelem k airbagu, způsobilo by to děťátku smrtelná zranění. Nejbezpečnějším místem v automobilu je sedadlo za řidičem.

### **Způsob upevnění**

Důležitou vlastností dětské autosedačky je také způsob, jakým ji lze upevnit ke konstrukci automobilu. V dnešní době máme na výběr mezi dvěma způsoby. První z nich je použití klasického tříbodového pásu v automobilu. Rozhodnete-li se pro tuto možnost, nezapomínejte po každém upoutání provést důkladnou kontrolu, jelikož se může stát, že autosedačka nebude dostatečně upevněná.

Mnohem spolehlivějším a v poslední době stále rozšířenějším způsobem je tzv. systém isofix. Jeho princip spočívá v tom, že autosedačka je vybavena tzv. úchyty, které se „zacvaknou“ přímo do konstrukce automobilu. Mnozí výrobci umísťují na autosedačky i barevné kontrolky, díky kterým se můžete na vlastní oči přesvědčit o úspěšné instalaci autosedačky.

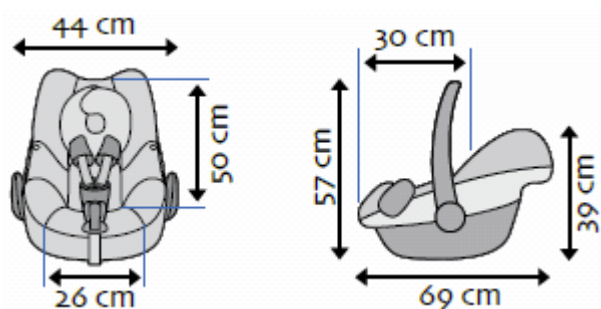
**Nezapomeňte, že kvalitní autosedačka může Vašemu dítěti zachránit život!**

## **2. Koncepční návrh pro zadané podmínky**

Zadané podmínky

- Možnost použití dětské autosedačky třídy 0+.
- Možnost zavěšení houpací sítě.

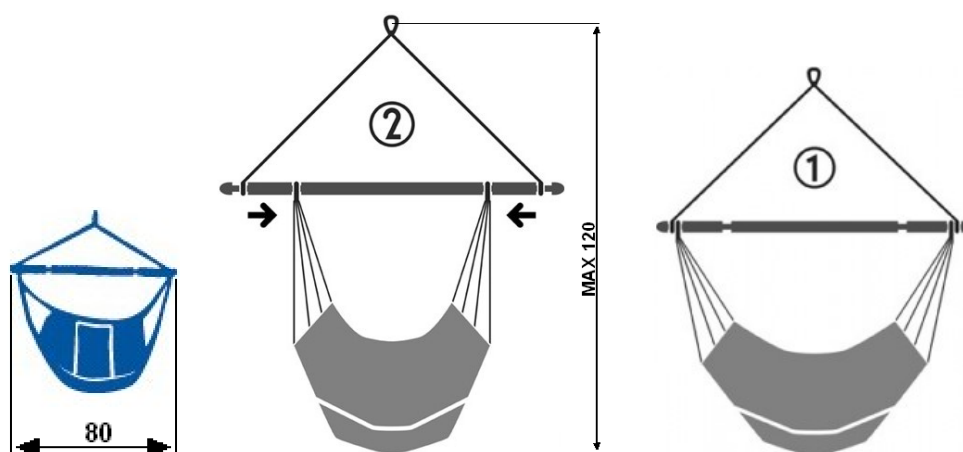
**Návrh houpáčky přizpůsobím pro nejznámější české značky MAXICOSI**



obr.7 rozměry autosedaček 0+ značky maxicosi

- Rozměry jsou řadově podobné či stejné u většiny značek.

**Návrh houpáčky také přizpůsobím k nejznámějším houpacím sítím**



obr. 8 maximální rozměry známých sítí

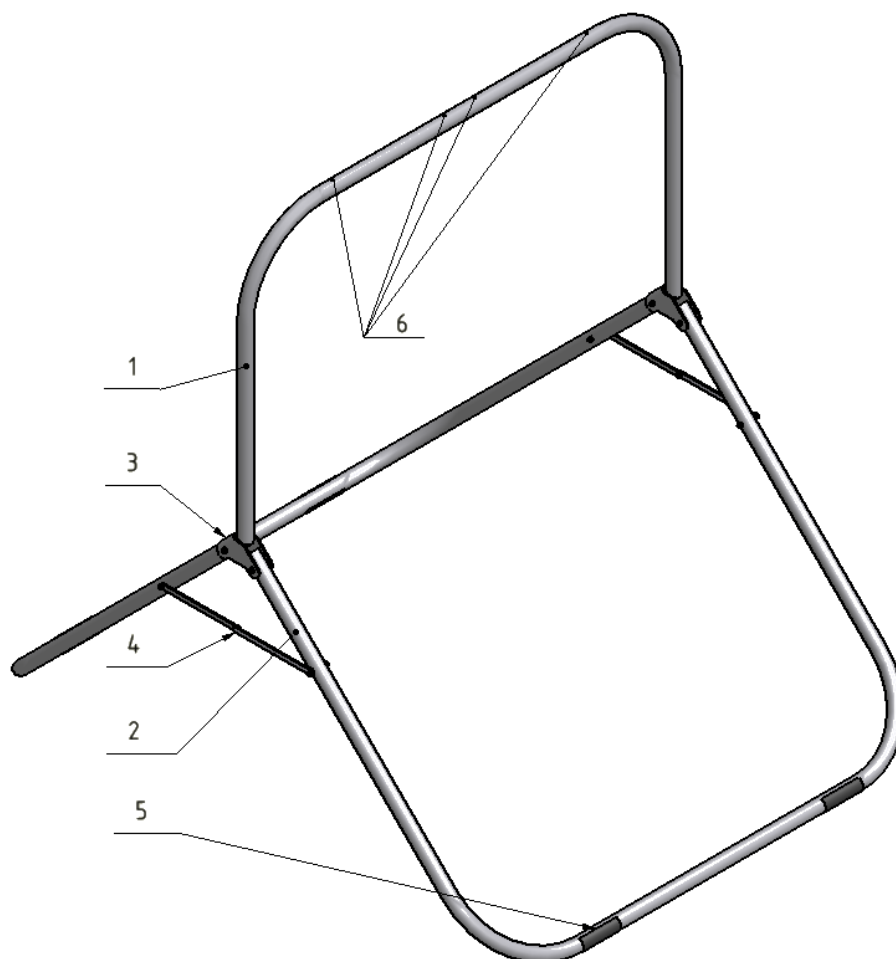
- Nejdůležitější rozměry pro konstrukci považuji, maximální možné rozměry známých houpacích sítí.

## **2.1 Návrh nosné konstrukce rámu**

Rám je tvořen dvěma tenkostěnnými tyčemi kruhového průřezu. Tyče jsou k sobě připojeny pomocí speciální kovové spony a sešroubovány 2 šrouby s maticí a pružnou podložkou na každé straně. K zajištění a ustavení polohy jsou zde použity dvě táhla která, dovolují pět různých nastavení úhlu mezi tyčemi.

### **Vymodelování rámu v programu INVENTOR**

1. Hlavní část rámu.
2. Vedlejší otočná část rámu.
3. Spona – spojuje hlavní a vedlejší části rámu v jeden celek.
4. Táhlo – zajišťuje polohu rozevření rámu, 45 stupňů.
5. Protiskluzové podložky – zabraňují „pochodování“ při hopání na kluzkém povrchu.
6. Otvory pro šrouby zajišťující umístění uchycení houpačky.



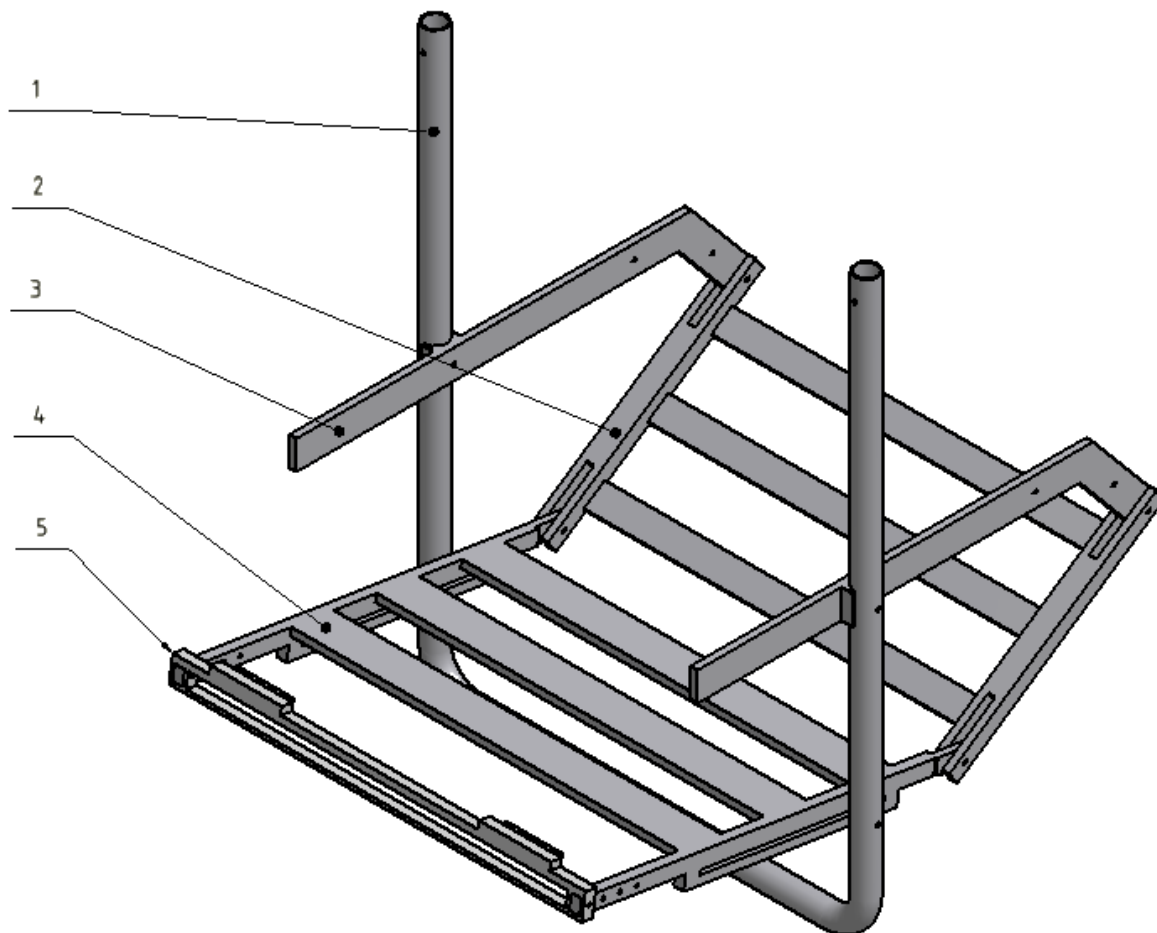
obr. 9 ukázka vymodelování rámu interiérové houpačky

## 2.2 Řešení uchycení autosedačky na houpačku

Navrhl jsem dvě varianty uchycení.

### **A. Uchycení pomocí houpacího sedla houpačky, a připojení na systém ISOFIX**

1. Nosná tyč „U“ tvaru
2. Opěradlo, které je připojeno k sedací desce a ručním podpěrám pomocí šroubů.
3. Ruční podpěry. Konstrukce podpěr je pevně zajištěna pomocí šroubů k tyčím. Je zde možnost nastavení polohy vůči opěradlu.
4. Sedací deska. Připojení k tyčím je řešeno dvěma šrouby přes tyč a drážku. Je zde možná nastavitelnost sedací desky a lze zde korigovat úhel samotné desky.
5. Uchycení na isofix, které je připevněno dvěma šrouby v sedací desce.



obr. 10 ukázka vymodelování varianty A. interiérové houpačky

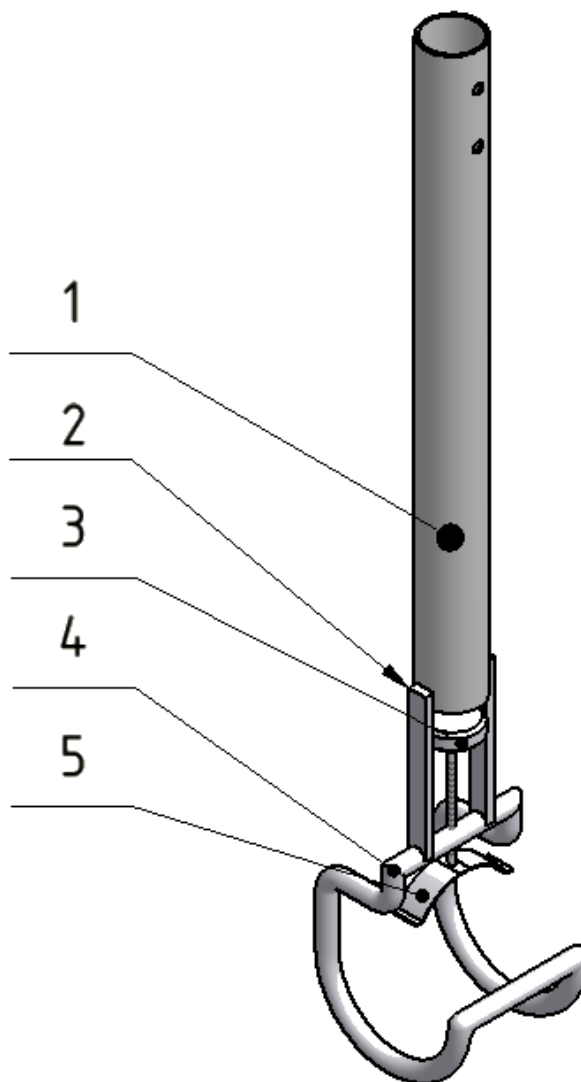


## B. Uchycení provedeno pomocí háku a následného zajištění

Hák je uchycen uprostřed rámu na tyči, která je připojena k rámu pomocí dvou šroubů a sponou, která zajišťuje kývavý pohyb. Autosedačka se připojí tak, že rukojeť se vloží do háku a zajistí přitlačným členem, který je na pohybovém šroubu.

Skládá se ze čtyř dílů:

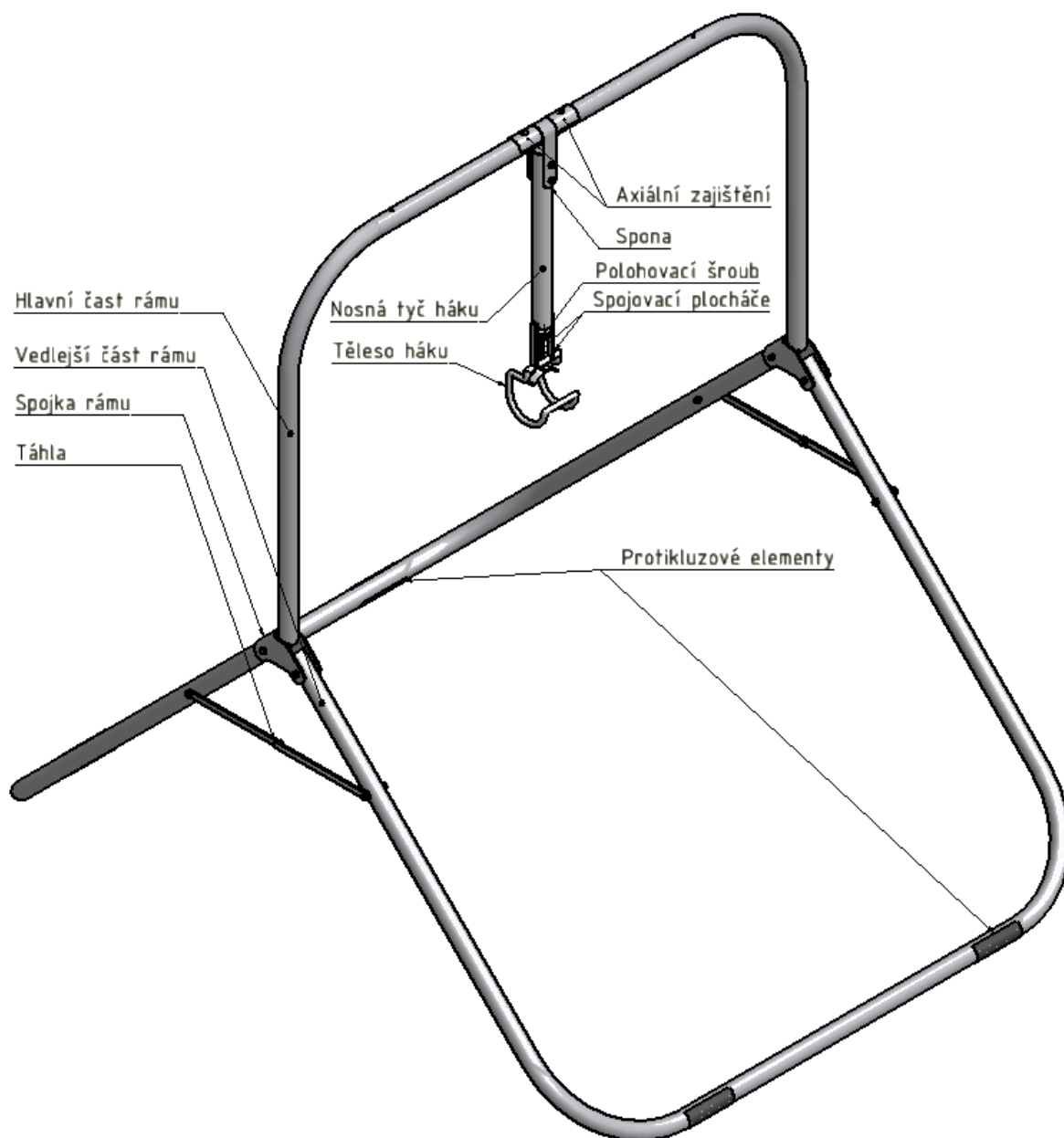
1. Nosná tyč, průřezem je mezikruží.
2. Ploché profily zajišťující spojení mezi tyčí a hákem. Jsou přivařeny k háku a nosné tyči.
3. Pojistný pohybový šroub.
4. Těleso háku.
5. Přitlačný člen – je přitlačen pomocí pojistného šroubu a tím pádem zajišťuje polohu autosedačky, tak aby nemohlo dojít k vyskočení z háku.



obr. 11 ukázka vymodelování háku

**Dále se budu zabývat pouze variantou B, zaměřenou pouze na autosedačky.**

## 2.3 Výsledná složená konstrukce dětské interiérové houpačky vymodelována v programu INVENTOR



obr. 12 ukázka vymodelování celé houpačky

### Úprava povrchu spony a třecí části rámu:

Pro zabránění opotřebení při kývavém pohybu mezi sponou a třenou částí rámu doporučuji obě plochy povrchově upravit. Vhodných uprav je celá řada, nejpoužívanější pro hliník je tzv. EXOLOVÁNÍ.

**Doporučuju tedy tyto plochy EXOLOVAT do hloubky 10  $\mu\text{m}$ .**

### **3. Výpočet**

Výpočet je rozdělen na tři části:

#### **3.0 Určení sil**

#### **4.0 Kontrolní výpočet konstrukce**

#### **5.0 Kontrola vybrané částí metodou MKP**

### **3.0 Určení sil**

Zde se budu zabývat určením všech sil, které mohou na houpačku působit. Vycházím ze zatížení, které způsobí dítě a autosedačka na nosnou tyč.

A to:

1. Při statickém zatížení, bude-li dítě v klidu sedět (ležet) v sedačce.
2. Při dynamickém zatížení, při houpavém pohybu dochází k proměnnému zatěžování. Zatížení se mění s úhlem, respektive s polohou sedačky s dítětem.

Z toho vyberu tu větší sílu a s této sílu budu vycházet při dalších výpočtech.

Pak tuto maximální sílu rozdělím do ramen rámu. Jelikož nosná tyč je uprostřed rámu, proto se maximální síla rozdělí na polovinu do každého ramene.

Dále se síla dělí do nohou rámu podle úhlu rozevření spodní části.

A nakonec sílu rozdělím do táhel, které zajišťují polohu houpačky, tak aby se nohy nerozjížděly a konstrukce byla stabilní.

### 3.1 Výpočet těžiště

Základem určení sil je správný výpočet těžiště, kvůli vysoké přesnosti jsem použil program Autodesk Inventor 2010.

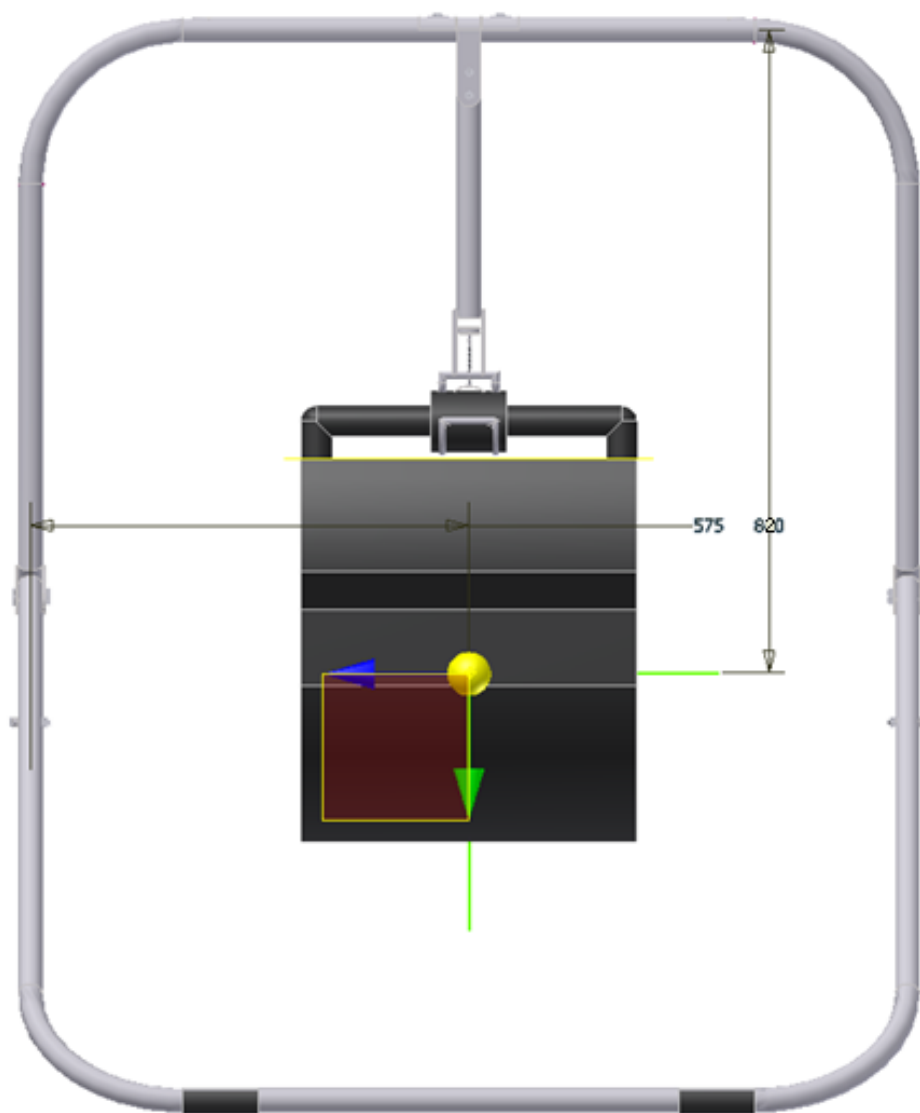
Výpočet těžiště byl proveden pro následující hmotnosti:

$m_d = 13 \text{ kg}$  – maximální hmotnost dítěte

$m_{as} = 3 \text{ kg}$  – maximální hmotnost autosedačky

$m_k = 4,996 \text{ kg}$  – maximální hmotnost konstrukce

$m_c = m_d + m_{as} + m_k = 13 + 3 + 4,966 = 20,966 \text{ kg}$  – celková hmotnost



obr. 13 řešení těžiště v Inventoru

### 3.2 Výpočet statické síly

Statická síla bude působit v případě, že dítě bude na houpačce v klidu, například bude-li spát.

$$F_s = m \cdot g = 16,4 \cdot 9,81 = 160,884 \text{ N}$$

$$m = m_d + m_{as} + m_k = 13 + 3 + 13,423 = 16,4 \text{ kg}$$

$$m_d = 13 \text{ kg} - \text{maximální hmotnost dítěte}$$

$$m_{as} = 3 \text{ kg} - \text{maximální hmotnost autosedačky}$$

$$m_{kt} = 0,4 \text{ kg} - \text{maximální hmotnost konstrukce háku a nosné tyče}$$

$$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} - \text{gravitační zrychlení}$$

### 3.3 Výpočet dynamické síly

Při výpočtu maximální dynamické síly, vycházím z jednoduchého matematického kyvadla.

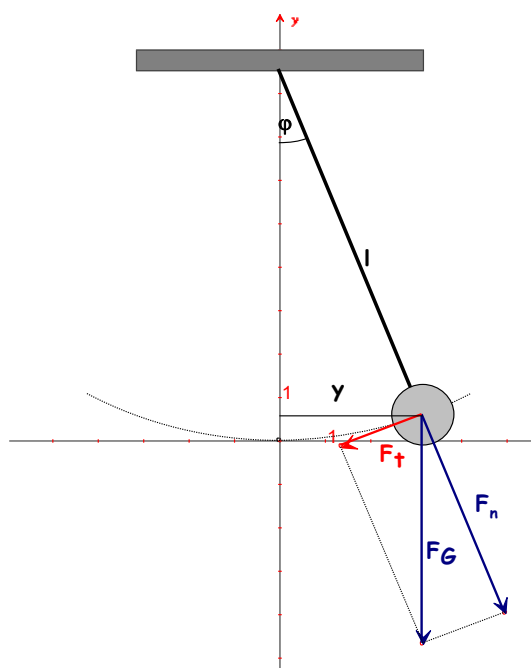
Při používání houpačky by se dítě nemělo zhoupnout více nežli do úhlu 40 – 45 stupňů, protože by hrozilo k vypadnutí dítěte s autosedačky a následnému úrazu.

Proto volím maximální úhel zhoupnutí

$$\varphi = 45^\circ.$$

Při pohybu dochází k rozkladu výslednice do dvou složek, normálová a tečná.

Maximální síla bude působit v dolní úvratí, kdy bude normálová složka maximální a tečná složka nulová.



obr. 14 matematické kyvadlo

### Výpočet dynamické síly

$$F_{n \max} = F_o + F_g = \frac{m \cdot v_1^2}{l} + m \cdot g \cdot \cos \varphi = \frac{16,4 \cdot 2,17^2}{0,82} + 16,4 \cdot 9,81 \cdot \cos 0^\circ = 255,13 \text{ N} \quad [5]$$

$$v_1 = v_{\max} = \sqrt{2 \cdot g \cdot l (\cos \varphi_1 - \cos \varphi)} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,84 (\cos 0 - \cos 45)} = 2,17 \text{ m/s} \quad [5]$$

$$v_0 = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}} - \text{počáteční rychlost}$$

$F_o$  – odstředivá síla

$F_g$  – gravitační síla

$$l = 820 \text{ mm} = 0,82 \text{ m}$$

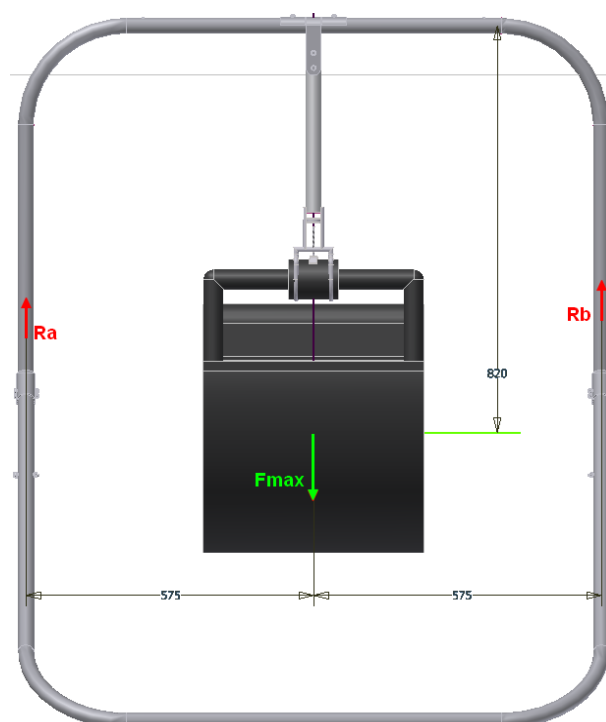
**Jako nejvyšší možnou sílu tedy volím  $F_{n \max} = F_{\max} = 255,13 \text{ N}$ .**

### 3.4 Výpočet reakcí

Při výpočtu postupuji jako u klasického nosníku kdy se síla působící uprostřed rozdělí na polovinu do reakcí.

$$R_a = R_b = \frac{F_{\max}}{2} =$$

$$\frac{255,13}{2} = 127,5 \text{ N}$$



obr. 15 řešení reakcí

### 3.5 Rozdělení síly v bočních tyčích do do nohou konstrukce

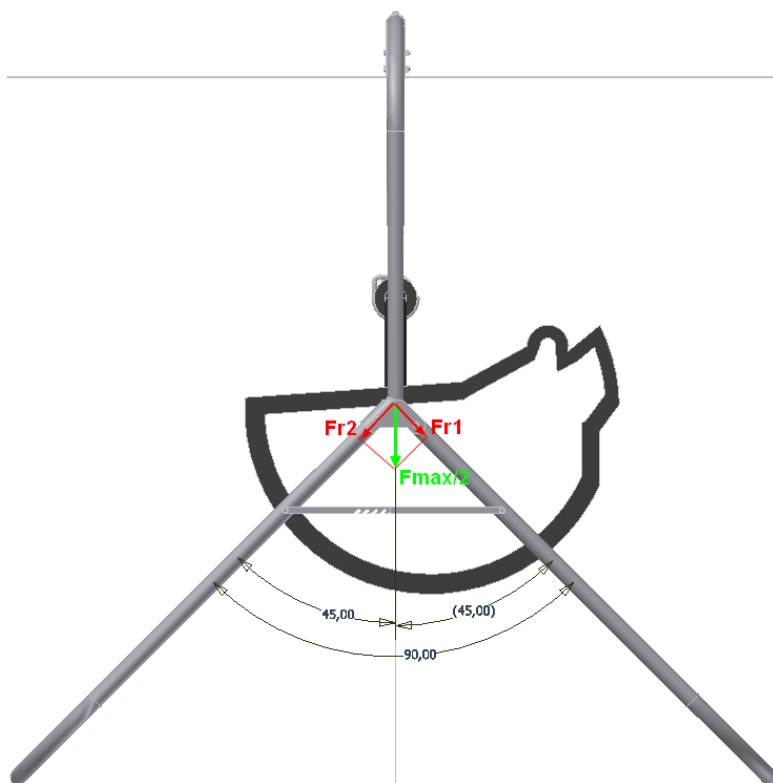
Maximální síla  $F_{\max}/2$ , která se rovná reakci  $R_a$  ( $R_b$ ) se rozdělí do dvou složek.  $F_{r1}$  a  $F_{r2}$  bude největší při nastavení největšího úhlu který je  $45^\circ$ .

$$F_{r1} = \frac{F_{\max}}{2} \cdot \cos 45^\circ = 127,5 \cdot 0,707 = 90,15 \text{ N}$$

$$F_{r2} = \frac{F_{\max}}{2} \cdot \cos 45^\circ = 127,5 \cdot 0,707 = 90,15 \text{ N}$$

**Kontrola:**

$$\begin{aligned} \frac{F_{\max}}{2} &= \sqrt{F_{r1}^2 + F_{r2}^2} \\ &= \sqrt{90,15^2 + 90,15^2} \\ &= 127,5 \text{ N} \end{aligned}$$



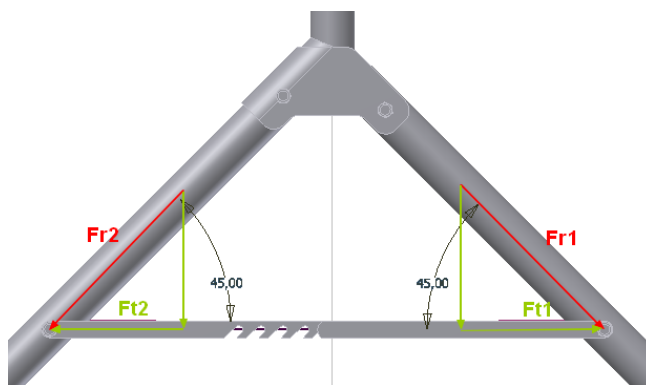
obr. 16 rozklad sil do nohou

### 3.6 Rozdělení sil v nohách do zpevňujícího táhla

Zde síly rozdělují stejně jako v předchozím případě, tzn. podle úhlu  $45^\circ$ .

$$F_{t1} = F_{r1} \cdot \cos 45^\circ = 90,15 \cdot 0,707 = 63,75 \text{ N}$$

$$F_{t2} = F_{r2} \cdot \cos 45^\circ = 90,15 \cdot 0,707 = 63,75 \text{ N}$$



obr. 17 rozklad sil do táhla

## 4.0 Kontrola konstrukce interierové houpačky

### 4.1 Volba materiálů

#### MATERIÁL KONSTRUKCE HOUPAČKY

Konstrukci volím hliníkovou ze slitiny hliníku 6061,

tedy **AlMg1SiCu EN AW 6061 T6** od výrobce ALFUN [8].

- minimální mez pevnosti v tahu  $R_m = 260 \text{ MPa}$
- minimální mez pevnosti v tahu  $R_{p0,2} \cong R_e = 240 \text{ MPa}$

tab. 1 vlastnosti hliníkových materiálů

Materiál	DIN	Stav	Rm min.	(Mpa) max.	Rp0,2 MPa	Tažnost (%) A 50 mm
AlCu6BiPb	3.1655	T3	320		270	8
		T4	275		125	12
		T8	380		270	6
		T6	310		230	6
AlCu4PbMgMn	3.1645	T3	370		250	5
		T4	370		250	6
AlCu4PbMg EN AW 2030		T3	370		250	5
		T4	370		250	6
AlCu4MgSi EN AW 2017	3.1325	O/H111		250	max. 135	10
		T3	400		250	8
		T4	380		240	8
AlCu4Mg1	3.1355	O/H111		250	max. 150	10
		T3	440		300	8
		T6	425		315	4
AlMg4,5Mn0,7	3.3547	O	270		110	10
		H112	270		125	10
AlSiMg EN AW 6005	3.3210	T4	180		90	13
		T6	280		215	8
AlMgSiPb EN AW 6012	3.0615	T4		200	100	10
		T6	310		260	8
		T6	310		260	8
EN AW 6026	není	T6	345		315	4
		T9	360		330	4
AlMgSi EN AW 6060	3.3206	T4	120		60	14
		T5	140		100	6
		T6	170		140	6
		T66	195		150	6
AlMg0,7Si EN AW 6063	není	T4	150		75	13
		T6	220		190	8
		T66	230		195	8
<u>AlMg1SiCu EN AW 6061</u>	není	T4	180		110	14
		T6	<u>260</u>		<u>240</u>	6
AlSi1MgMn EN AW 6082	3.2315	T4	205		110	12
		T6	290		250	6

#### MATERIÁL ŠROUBŮ, PODLOŽEK

#### A OSTRATNÍCH SPOJOVACÍCH

#### ČÁSTÍ:

volím ocel 11 500 dle ČSN 42 0002 [6]

- mez pevnosti v tahu  
 $R_m = 500 \text{ MPa}$
- mez pevnosti v kluzu  
 $R_e = 245 \text{ MPa}$



## 4.2 Kontrola konstrukce houpačky proti převržení

Jako jeden z nejdůležitějších kontrolních výpočtů, považuji kontrolu proti převržení. Síla  $F_k$  působí na konstrukci o tíze  $G$  a k převržení by mohlo dojít okolo bodu A.

$$G = m_c \cdot g = 20,966 \cdot 9,81 = 205,68 \text{ N}$$

$$F_k = F_n \cdot \sin 45^\circ$$

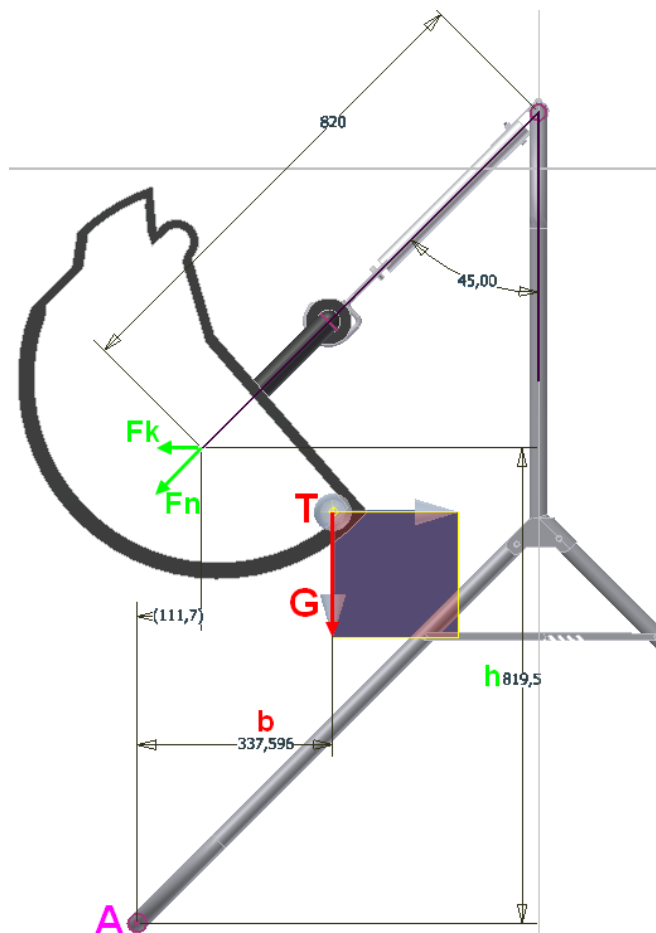
$$= 110,99 \cdot 0,707$$

$$= 78,47 \text{ N}$$

$$F_n = (m_d + m_{as}) \cdot g \cdot \cos 45^\circ$$

$$= (13 + 3) \cdot 9,81 \cdot 0,707$$

$$= 110,99 \text{ N}$$



obr. 18 řešení stabilizace

$$M_s = G \cdot b = 205,68 \cdot 0,337 = 69,31 \text{ Nm} - \text{Stabilizující moment}$$

$$M_k = F_k \cdot h = 78,47 \cdot 0,819 = 64,27 \text{ Nm} - \text{Klopný moment}$$

$$\text{Bezpečnost proti převržení} - \mu = \frac{M_s}{M_k} \geq 1 [5]$$

$$\mu = \frac{69,31}{64,27} \geq 1$$

$$\mu = 1,08 \geq 1 \Rightarrow \text{JSME NA STRANĚ BEZPEČNOSTI}$$

### 4.3 Kontrola bočních koutových svarů mezi hákem a houpací tyčí

délka svaru  $L = 10 \text{ mm}$

parametr svaru  $a = 2 \text{ mm}$

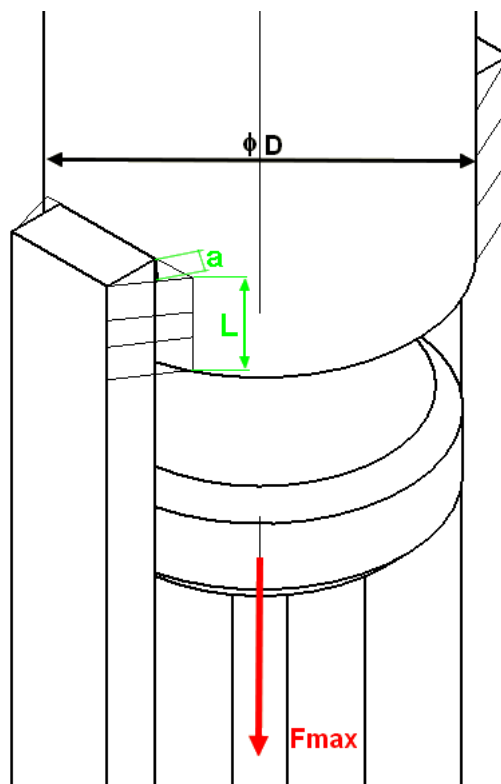
$l$  = vypočtová délka svaru

$i$  = počet svarových housenek

$$l = L - 2a$$

$$= 10 - 2 \cdot 2 =$$

$$10 - 4 = 6 \text{ mm}$$



obr. 19 řešení bočních svarů

$$\sigma = \frac{F_{\max}}{i \cdot (a \cdot l)} = \frac{255,13}{4 \cdot (2 \cdot 6)} = 5,32 \text{ MPa}$$

$$\sigma = \beta \cdot k_4 \cdot \frac{R_e}{k_s} \Rightarrow \text{celková bezpečnost } k_s = \beta \cdot k_4 \cdot \frac{R_e}{\sigma} = 1,216 \cdot 0,65 \cdot \frac{240}{5,32} = 35,66$$

**VYHOVUJE**

$k_4$  – převodní součinitel dle ČSN 05 0120 (dle tab. 2)

$$\beta = 1,3 - 0,03 \cdot z = 1,3 - 0,03 \cdot 2,8 = 1,216 \quad \text{pro } z > 10 [2]$$

$$z = 1,4 \cdot a = 1,4 \cdot 2 = 2,8 \text{ mm}$$

**Tab. 2 [2]**

Koutový svar				
čelní	$k_3$	0,75 1)	0,90 2)	1,00 3)
Boční	$k_4$	0,65 1)	0,80 2)	0,90 3)

- 1) pro ruční svařování elektrickým obloukem elektrodou stejné pevnosti jako základní materiál.
- 2) pro ruční svařování elektrickým obloukem oceli o pevnosti 350-370 [MPa] elektrodou E44.83.
- 3) pro automatické svařování pod tavidlem.

#### 4.4 Kontrola houpací tyče na tah

$$F_{\max} = 255,13 \text{ N}$$

$$D = 32 \text{ mm}$$

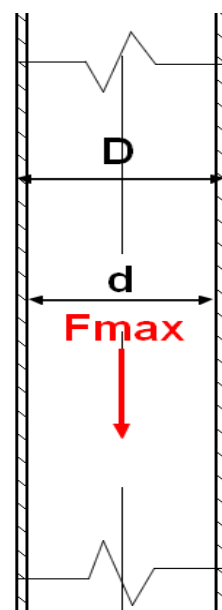
$$d = 28 \text{ mm}$$

$$\sigma_t = \frac{F_{\max}}{S} [\text{MPa}]$$

$$S = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} [\text{mm}^2]$$

$$\sigma_t = \frac{F_{\max}}{S} = \sigma_t = \frac{255,13}{\frac{\pi \cdot (32^2 - 28^2)}{4}} = \frac{255,13}{97,34} = 2,62 \text{ MPa}$$

$$\sigma_t \leq \sigma_{tD} = \frac{R_m}{k_S} \Rightarrow k_S = \frac{R_m}{\sigma_t} = \frac{260}{2,62} = 99,2$$



obr. 20 houpací tyč

**VYHOVUJE**

#### 4.5 Kontrola houpací tyče na otláčení

Na tyč působí maximální síla  $F_{\max}$ , otláčení se bude realizovat na houpací tyči. Zde uvažuji, že sílu  $F_{\max}$  bude přenášet pouze první šroub a navíc jak dřík, tak i závit.

$$d = 6 \text{ mm}$$

$$t = 2 \text{ mm}$$

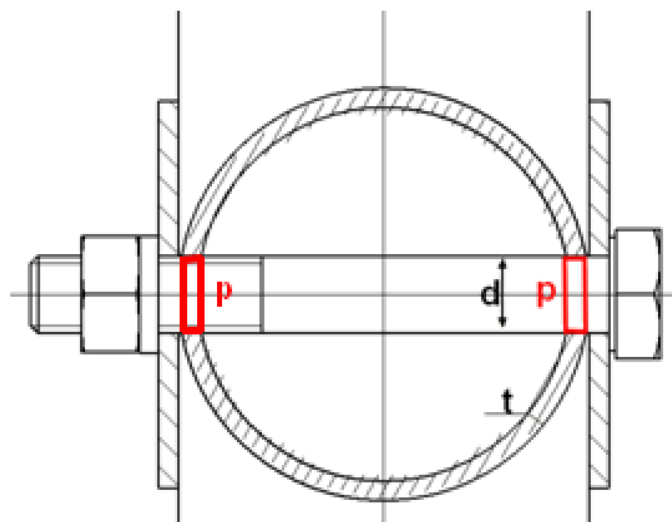
$$p = \frac{F_{\max}}{S_p} [\text{MPa}]$$

$$S_p = \left(\frac{\pi \cdot d}{2} \cdot t\right) [\text{mm}^2]$$

$$p_D = 20 - 40 \text{ MPa}$$

– pro slitina hliníku – ocel

volím 20 MPa [6]



obr. 21 otláčení houpací tyče

$$p = \frac{F_{\max}}{(d \cdot t)} = \frac{255,13}{2 \cdot (6 \cdot 2)} = 10,63 \text{ MPa}$$

$$k_S = \frac{p_D}{p} = \frac{20}{10,63} = 1,88 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## 4.6 Kontrola rámu na ohyb a průhyb

### Ohyb:

Počítáme jako jednoduché vetknutí z obou stran se silou uprostřed.

$$l = 1150 \text{ mm}$$

$$D = 32 \text{ mm}$$

$$d = 28 \text{ mm}$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} [\text{MPa}]$$

$$R_a = R_b = \frac{F_{\max}}{2} [\text{N}]$$

$$M_o = \frac{F_{\max} \cdot l}{8} [\text{N} \cdot \text{mm}]$$

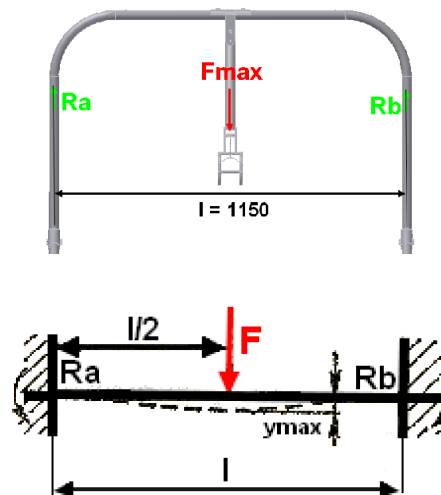
$$W_o = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D} [\text{mm}^3]$$

$$\sigma_{oD} - \text{volím } 50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_o = \frac{\frac{F_{\max} \cdot l}{4}}{\frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D}} = \frac{\frac{255,13 \cdot 1150}{8}}{\frac{\pi}{32} \cdot \frac{32^4 - 28^4}{32}} = 27,55 \text{ MPa}$$

$$k_S = \frac{\sigma_{oD}}{\sigma_o} = \frac{50}{27,55} = 1,81$$

**VYHOVUJE**



obr. 22 řešení ohybu rámu

### Průhyb:

$$y_{\max} = y_c = \frac{F_{\max} \cdot l^3}{185 \cdot E \cdot I} = \frac{255,13 \cdot 1150^3}{48 \cdot 0,75 \cdot 10^5 \cdot 21\,300} = 5,06 \text{ mm}$$

$$I = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} = \frac{\pi(32^4 - 28^4)}{64} = 21\,300 \text{ mm}^4$$

$$E = 0,75 \cdot 10^5 \text{ MPa}$$

$$\text{volím } y_{\text{dov}} = \frac{l}{200} = \frac{1150}{200} = 5,75 \text{ mm} \Rightarrow 5,75 \geq 5,06 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

#### 4.7 Kontrola ramene rámu na vzpěr

$$l = 700 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\dot{u}} = 110 \text{ MPa}$$

$$E = 75\,000 \text{ MPa}$$

$$l_{\text{red}} = 2l$$

$$n = \frac{1}{2}$$

$$\lambda_{\text{skut}} = \frac{l_{\text{red}}}{i} = \frac{2 \cdot 700}{42,53} = 32,92$$

$$i = \sqrt{\frac{I_{\min}}{S}} = \sqrt{\frac{340\,800}{188,4}} = 42,53$$

$$I_{\min} = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{64} = \frac{\pi \cdot (32^4 - 28^4)}{64}$$

$$= 340\,800 \text{ mm}^4$$

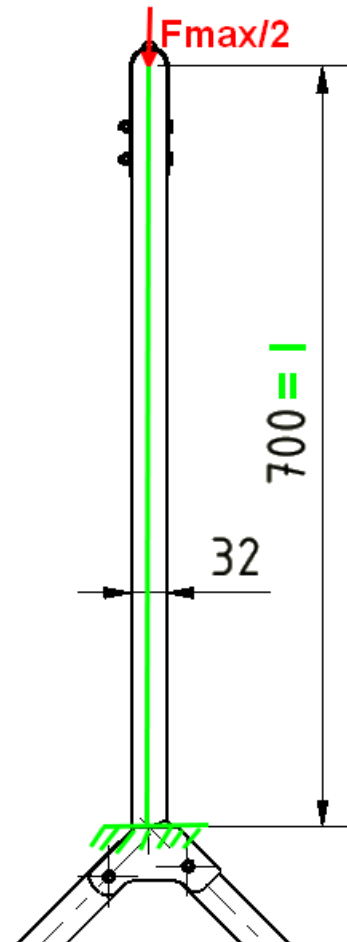
$$S = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (32^2 - 28^2)}{4} = 188,4 \text{ mm}^2$$

$$\lambda_m = n \cdot \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_{\dot{u}}}} = \frac{1}{2} \cdot \pi \sqrt{\frac{75\,000}{110}} = 41$$

$$\lambda_{\text{skut}} \geq \lambda_m \Rightarrow \text{počítáme podle EULERA}$$

$$F_{\text{kr}} = n \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{l_{\text{red}}^2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi^2 \cdot 75\,000 \cdot 340\,800}{1\,960\,000} = 64\,353,85 \text{ N}$$

$$k_V = \frac{F_{\text{kr}}}{F_{\text{max}/2}} = \frac{64\,353,85}{127,565} = 504,48 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



obr. 23 rameno na vzpěr

## 4.8 Kontrola otlačení spojky rámu

Na tyč působí maximální síla  $F_{r1}$ , otlačení budu realizovat spojce rámu, dále budu uvažovat, že zatížení bude přenášet pouze dřík šroubu.

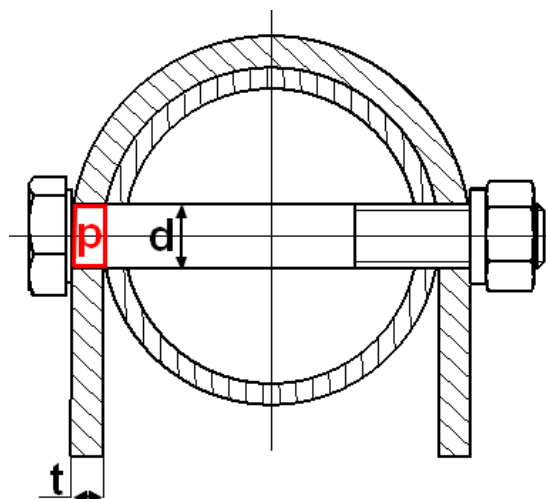
$$F_{r1} = 90,15 \text{ N}$$

$$d = 6 \text{ mm}$$

$$t = 2 \text{ mm}$$

$$p = \frac{F_{r1}}{S_p} \text{ [MPa]}$$

$$S_p = (d \cdot t) \text{ [mm}^2\text{]}$$



obr. 24 otlačení spojky

$p_D = 20 - 40 \text{ MPa}$  – pro slitina hliníku – ocel

volím 20 MPa

$$p = \frac{F_{r1}}{(d \cdot t)} = \frac{90,15}{(6 \cdot 2)} = 7,5 \text{ MPa}$$

$$k_s = \frac{p_D}{p} = \frac{20}{4,78} = 2,67$$

**VYHOVUJE**

## 4.9 Kontrola zpevňujícího táhla

**Táh:**

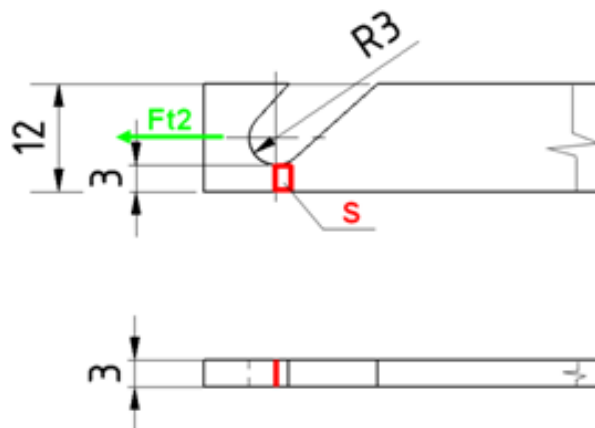
$$F_{t1} = F_{t2} = 63,75 \text{ N}$$

$$\sigma_t = \frac{F}{S} [\text{MPa}]$$

$$S = a \cdot b [\text{mm}^2]$$

$$\sigma_t = \frac{F_{t2}}{a \cdot b} = \frac{63,75}{3 \cdot 3}$$

$$= 7,08 \text{ MPa}$$



obr. 25 táhlo na tah

$$\sigma_t \leq \sigma_{tD} = \frac{R_m}{k_s} \Rightarrow k_s = \frac{R_m}{\sigma_t} = \frac{260}{7,08} = 36,71 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Otlačení:**

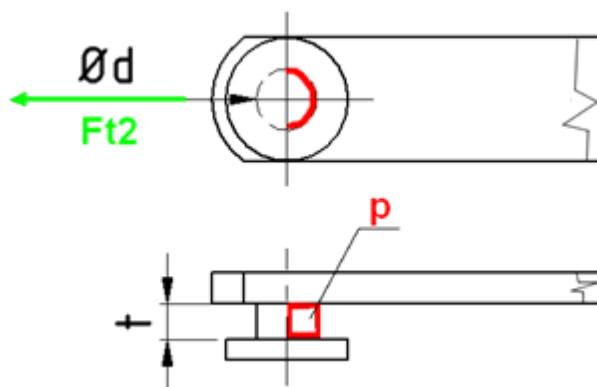
$$F_{t1} = F_{t2} = 63,75 \text{ N}$$

$$d = 6 \text{ mm}$$

$$t = 3,5 \text{ mm}$$

$$p = \frac{F}{S_p} [\text{MPa}]$$

$$S_p = (d \cdot t) [\text{mm}^2]$$



obr. 26 táhlo na otlačení

$$p_D = 20 - 40 \text{ MPa} - \text{pro slitina hliníku} - \text{ocel}$$

$$\text{volím } 20 \text{ MPa}$$

$$p = \frac{F_{t2}}{(d \cdot t)} = \frac{63,75}{(6 \cdot 2)} = 5,31 \text{ MPa}$$

$$k_s = \frac{p_D}{p} = \frac{20}{6,93} = 3,76$$

**VYHOVUJE**

## 5. Kontrola vybrané částí metodou MKP

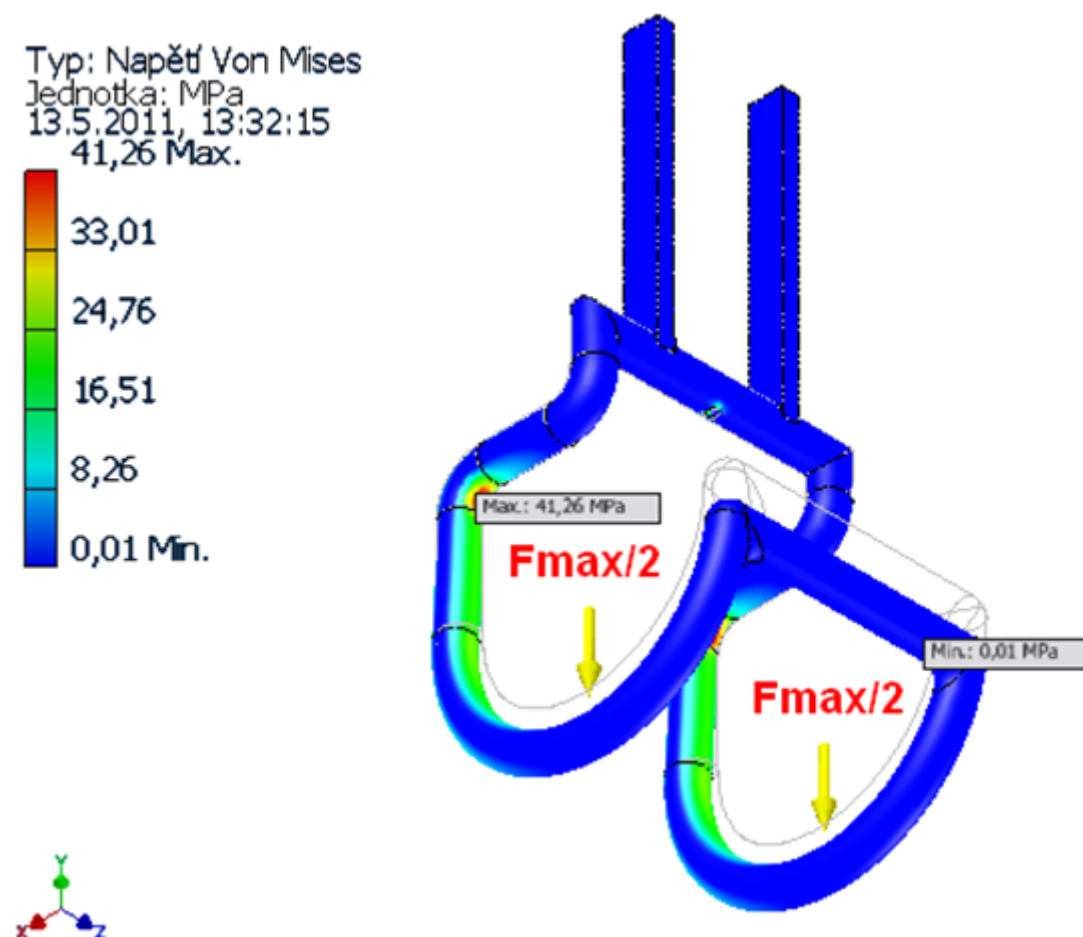
### 5.1 Výpočet háku metodou konečných prvků v programu Inventor2010

Na hák působí síla  $F_{\max}$ , uvažuju s tím že na každé ze dvou ramen háku připadá přesně  $\frac{1}{2}$  síly. Jako pevné části jsem nastavil ploché díly přivařené ke konstrukci háku.

Síť tělesa jsem nastavil jako velmi jemnou aby byl výsledek co nejpřesnější, průměrná velikost prvku je 0.05 mm

$$F_{\max} = 255,13 \text{ N}$$

#### **Graf maximálního napětí [MPa]**



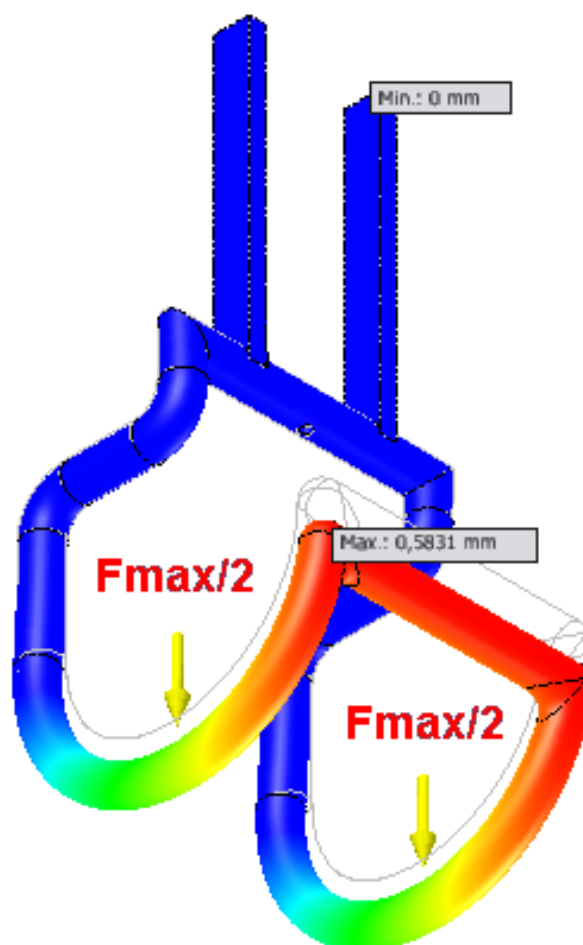
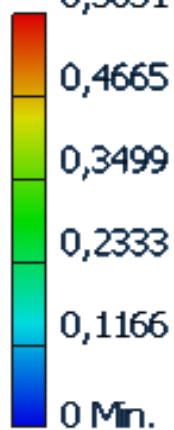
$$\sigma_{\max} = 41,26 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\min} = 0,01 \text{ MPa}$$



## Graf maximální posunutí [mm]

Typ: Posunutí  
Jednotka: mm  
13.5.2011, 13:32:26  
0,5831 Max.



$$y_{\max} = 0,583 \text{ mm}$$

$$y_{\min} = 0 \text{ mm}$$

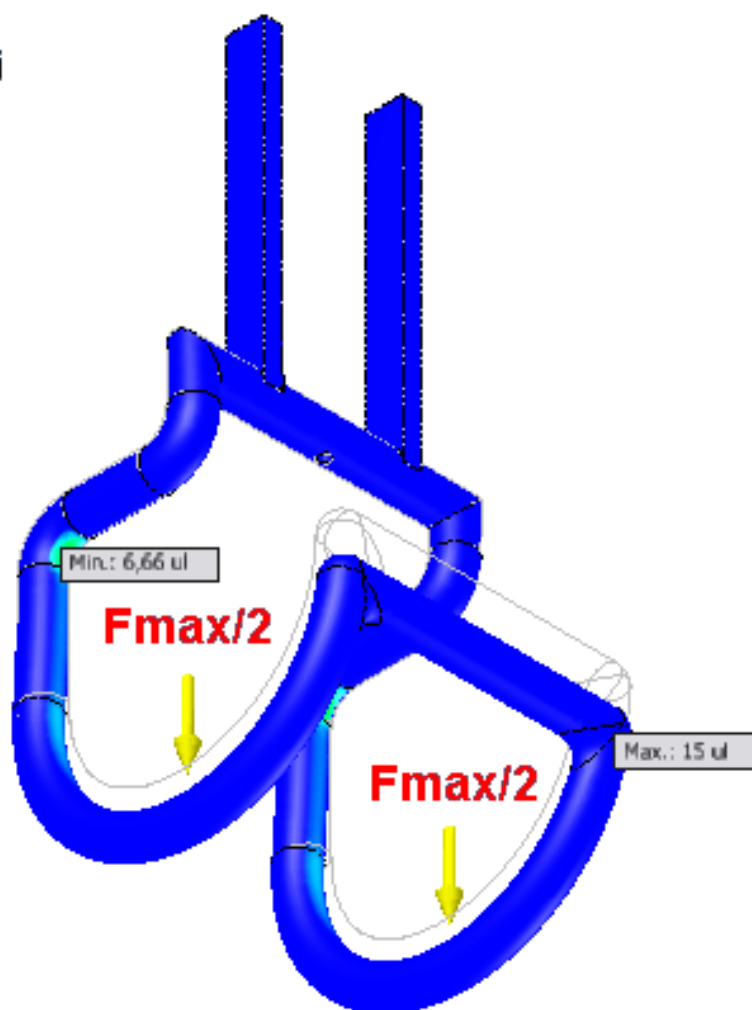
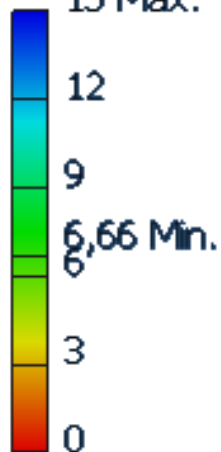
## Graf bezpečnosti [-]

Typ: Součinitel bezpečnosti

Jednotka: ul

13.5.2011, 13:32:25

15 Max.



Minimální bezpečnost  $k_{min} = 6,66$

Maximální bezpečnost  $k_{max} = 15$

## **6. Závěr**

Navrhnul jsem interiérovou houpačku, s možností použití doma i na zahradě s možností složení při nepříznivých rozměrech. Konstrukci jsem zvolil celou ze slitiny hliníku z důvodu nízké hmotnosti a dostatečné pevnosti pro dané podmínky.

Všechny ostatní šrouby a podložky jsou s pevnějšího materiálu oceli 11 500, abych vyloučil jejich otlačování a deformace.

Největší problémy byly s optimalizací průhybu rámu houpačky. Původně jsem měl menší tloušťku stěny mezikruží, ovšem byl jsem donucen mírně zvětšit tloušťku tím pádem i hmotnost. I přesto jsem dosáhl poměrně příznivé hmotnosti a slušné únosnosti. Tyto parametry budou určitě stačit jakémukoli dítěti v rozmezí 0-2 let.

### **Základní parametry použití houpačky**

Hmotnost samotné houpačky: 4,996 kg

Maximální únosnost: 16 kg

Při minimální bezpečnosti: 1,88

Maximální rozměry (a,b,h): 1 188, 1 426, 1 434 mm

## Seznam použité literatury

[1]

KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části pohonů strojů*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008. 130 s. ISBN 978-80-248-1860-3.

[2]

KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části spojovací*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. 91 s. Dotisk 1. vyd. 2008. ISBN 978-80-248-1290-8.

[3]

NĚMČEK, Miloš. *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů. Spoje*. Skriptum VŠB-TU Ostrava, 2001, ISBN 80-248-0050-0.

[4]

SHIGLEY, Joseph E. *Konstruování strojních součástí*. Vysoké Technické Učení v Brně, 2010.

[5]

HOŘEJŠÍ, Jiří. *DYNAMIKA*. SNTL – Nakladatelství technické literatury Praha, 1980.

[6]

LEINVEBER, Jan. *Strojnické Tabulky*. Albra – pedagogické nakladatelství, Úvaly, 2003.

[7]

BARTOŠ, Josef. *Strojnické Tabulky*. Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 1965.

## **Seznam internetových zdrojů**

[8]

<http://www.alfun.cz/>

[9]

<http://chemie.lars.cz/>

[10]

<http://www.pruznost.unas.cz/>

[11]

<http://www.safetybaby.eu/>

[12]

<http://www.detske-autosedacky.eu/>

## **Seznam použitého softwaru**

- Autodesk Inventor 2010
- AutoCAD 2010
- MitCalc 1.51